第 41 卷 第 4 期　　昆 虫 学 报　　Vol. 41, No. 4
1998 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1998

黄鼠洞干蚤和宿主密度的年间动态关系*

李仲来
(北京师范大学数学系，北京　100875)

张耀星
(内蒙古锡林郭勒盟鼠疫防治站，正镶白旗　027100)

摘要　根据内蒙古自治区正镶白旗乌宁巴图苏木 1981～1993 年达乌尔黄鼠 *Citellus dauricus* 密度和洞干蚤指数监测资料进行分析，得到如下结果。共检洞干蚤 9 种，其中方形黄鼠蚤蒙古亚种 *Citellophilus tesquorum mongolicus*（66.0%）为优势蚤种，光亮额蚤 *Frontopsylla luculenta*（23.6%）为次优势蚤种，阿巴盖新蚤 *Neopsylla abagaitui* 和二齿新蚤 *N. bidentatiformis* 为常见种，余为少见种。鼠密度与洞干蚤指数关系显著（$P<0.03$），关系为洞干蚤指数＝0.2491＋0.0596 鼠密度。洞干蚤指数和染蚤率关系不显著（$0.05<P<0.10$）。方形黄鼠蚤数量的高低显著地影响洞干蚤的多样性和均匀性。洞干蚤和体蚤指数的关系是显著的（$P<0.05$），关系为洞干蚤指数＝0.2709＋0.0504 体蚤指数。洞干蚤和巢蚤指数的关系是显著的（$P<0.07$），关系为洞干蚤指数＝0.27652＋0.00348 巢蚤指数。三种蚤指数之间有如下近似关系：巢蚤指数：体蚤指数：洞干蚤指数＝100：10：1。

关键词　洞干蚤指数，达乌尔黄鼠密度，方形黄鼠蚤蒙古亚种，年间变动，多样性

关于达乌尔黄鼠 *Citellus dauricus*（简称黄鼠）密度与体蚤数量关系，已做过一些研究[1~3]，但黄鼠与洞干蚤数量关系，做过的研究有黄鼠洞内蚤的空间分布[4]，它属于短期（3 年）动态研究，而关于黄鼠与洞干蚤的种类组成和演替规律的动态研究未见报道，主要原因是缺少大量的野外监测资料[5]。本文对其进行研究。

1　材料与方法

样地见文献[6]。调查方法：每年 4 月份，当黄鼠完全出蛰后，采用 24h 弓形铗法捕鼠。在此期间，随机抽取 40 cm 深的黄鼠洞干约 2 000 个，用直径约 1.5 cm、长 100 cm 的胶管，一端缠 40 cm 长的法兰绒布套制成的探蚤管进行探蚤，每洞探 3 次以上，对获得的蚤在昆虫室鉴定分类。计算公式：洞干蚤指数＝总蚤数/总探洞数，某种洞干蚤指数＝某种蚤数/总探洞数，鼠洞干染蚤率＝染蚤洞干数/探洞数×100%。

1.1　基本统计分析

13 年共调查面积 1 955 hm^2，年均（150±80）hm^2；共探黄鼠洞 25 286 个，年均（1 945±1 224）个；带蚤洞数 3 885 个，年均（299±239）个；获蚤总数 9 547 只，年均（734±745）只，总染蚤率 15.4%；总蚤指数 0.38 只，其它结果见表 1。相关系数（后 5 种蚤和未分类蚤略）见表 2。

---

* 国家自然科学基金资助项目（批准号 39570638）
1996-10-16 收稿，1997-03-10 收修改稿

表 1　1981～1993 年达乌尔黄鼠密度和洞干蚤指数

Table 1　Density of *Citellus dauricus* and its burrow track flea index in 1981～1993

年份 Year	黄鼠密度 (只/hm²) Density of *C. dauricus*	洞干蚤指数 (只) burrow track flea index	Ct (只) (No.)	Fl (只) (No.)	Na (只) (No.)	Nb (只) (No.)	Fw (只) (No.)	Op (只) (No.)	Ap (只) (No.)	Np (只) (No.)	Lp (只) (No.)	Nc (只) (No.)
1981	0.15	0.09	0.050	0.024	0.004	0.003 5	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.008 0
1982	0.31	0.22	0.116	0.064	0.010	0.015 7	0.011	0.006	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1983	0.41	0.29	0.120	0.112	0.008	0.035 0	0.007	0.010	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.001 0
1984	0.92	0.22	0.101	0.081	0.014	0.007 9	0.009	0.005	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1985	2.63	0.37	0.270	0.081	0.010	0.006 0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 6
1986	2.27	0.69	0.538	0.128	0.022	0.001 6	0.001	0.001	0.000 2	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1987	3.58	0.66	0.533	0.098	0.021	0.003 1	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1988	3.58	0.59	0.385	0.138	0.055	0.002 2	0.000	0.000	0.000 6	0.000 6	0.000 3	0.000 0
1989	3.26	0.23	0.170	0.035	0.023	0.000 0	0.002	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1990	1.98	0.22	0.118	0.057	0.041	0.000 3	0.000	0.002	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1991	3.28	0.67	0.255	0.160	0.245	0.005 0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1992	6.38	0.64	0.368	0.193	0.075	0.000 0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
1993	7.86	0.53	0.250	0.236	0.043	0.000 0	0.000	0.000	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
$\bar{x}$	2.82	0.42	0.252	0.108	0.044	0.006 2	0.002	0.002	0.000 1	0.000 0	0.000 0	0.000 8
s	2.30	0.22	0.162	0.062	0.064	0.009 7	0.004	0.003	0.000 2	0.000 2	0.000 1	0.002 3
%		100	66.0	23.6	6.9	1.7	0.67	0.60	0.20	0.02	0.01	0.24

注 Note. Ct：方形黄鼠蚤蒙古亚种 *Citellophilus tesquorum monglicus*；Fl：光亮额蚤 *Frontopsylla luculenta*；Na：阿巴盖新蚤 *Neopsylla abagaitui*；Nb：二齿新蚤 *N. bidentatiformis*；Fw：圆指额蚤 *F. wagneri*；Op：角尖眼蚤 *Ophthalmopsylla praefecta*；Ap：原双蚤田野亚种 *Amphipsylla primaris mitis*；Np：近代新蚤东方亚种 *N. pleskei orientalis*；Lp：多齿细蚤 *Leptopsylla pavlovskii*，Nc：未分类蚤 Not classified fleas

表 2　相关系数

Table 2　Coefficient of correlation

黄鼠密度 Density of *C. dauricus*	洞干蚤指数 Burrow track flea index	方形黄鼠蚤 *C. t. mongolicus*	光亮额蚤 *Frontopsylla luculenta*	阿巴盖新蚤 *Neopsylla abagaitui*	二齿新蚤 *N. bidentatiformis*
1.0000	0.6310*	0.4729	0.7994**	0.3039	−0.5253°
	1.0000	0.8880****	0.7468**	0.5058°	−0.2997
		1.0000	0.4594	0.1317	−0.3604
			1.0000	0.4459	−0.1241
				1.0000	−0.1941
					1.0000

注：****、**、*、°分别表示 $P<0.0001$、0.01、0.05、0.10

Note：****，**，* and ° are $P<0.0001$，0.01，0.05 and 0.10，respectively

1.2　多样性分析

其年度多样性采用 Shanon-Wiener 指数 H，公式为 $H=-\Sigma P_i \ln P_i$，相应的均匀性指数 $E=H/\ln s$，s 为年度洞干蚤种数，P_i 为第 i 种蚤的个体数占年度各蚤种的总个体数的比例[7]，未分类蚤按一种计算（表3）。

表3 各年份蚤类的多样性

Table 3 The diversity of fleas in each year

年份 Year	种数 No species	多样性 Diversity	均匀性 Evenness	年份 Year	种数 No species	多样性 Diversity	均匀性 Evenness
1981	5	1.1680	0.7257	1988	7	0.9138	0.4696
1982	6	1.2654	0.7062	1989	4	0.7810	0.5634
1983	7	1.3143	0.6754	1990	5	1.0411	0.6469
1984	6	1.2396	0.6918	1991	4	1.1150	0.8043
1985	5	0.7393	0.4593	1992	3	0.9306	0.8470
1986	7	0.6504	0.3342	1993	3	0.9180	0.8356
1987	4	0.5860	0.4227				

1.3 黄鼠密度与巢染蚤率关系

1981～1993年黄鼠洞干染蚤率(%)依次为7.52，13.73，14.18，9.13，18.76，22.69，24.75，20.56，10.47，10.44，27.50，20.71，18.21，其相关系数$r=0.4943$（$0.05<P<0.10$）。

2 结果与讨论

正镶白旗的黄鼠密度已连续监测20年，但洞干蚤的全面监测80年代才逐渐积累了较系统的资料。1976～1978年，乌宁巴图苏木组织了全苏木范围内的灭鼠，1989年又曾组织一次捕鼠，故1990年黄鼠密度偏低，其余年份灭鼠工作再未连续开展。因此，本文统计资料的黄鼠密度基本上处于自然增长状态。由表1，黄鼠洞干蚤共检蚤3科6属9种（不含未分类蚤），年均（5.1±1.4）种，其中方形黄鼠蚤蒙古亚种 *Citellophilus tesquorum mongolicus*（66.0%，简称方形黄鼠蚤）为洞干蚤的优势种，光亮额蚤 *Frontopsylla luculenta*（23.6%）为洞干蚤的次优势种，阿巴盖新蚤 *Neopsylla abagaitui*（6.9%）和二齿新蚤 *N. bidentatiformis*（1.7%）为常见种，圆指额蚤 *F. wagneri*、角尖眼蚤 *Ophthalmopsylla praefecta*、原双蚤田野亚种 *Amphipsylla primaris mitis*、近代新蚤东方亚种 *N. pleskei orientalis*、多齿细蚤 *Leptopsylla pavlovskii* 为少见种。

从相关分析看，黄鼠洞干蚤与方形黄鼠蚤、光亮额蚤、阿巴盖新蚤的关系均呈正相关（$P<0.10$）、又三种蚤之间的关系也均呈一定的正相关，表明方形黄鼠蚤、光亮额蚤、阿巴盖新蚤与洞干蚤指数的升降关系基本一致，由于这三种蚤已占总洞干蚤的96.95%，故它们数量的多少已能够描述洞干蚤数量动态。方形黄鼠蚤与洞干蚤相关显著（$P<0.0001$），表明方形黄鼠蚤数量的高低极为显著地影响洞干蚤数量。这是因为，4月份是黄鼠出蛰期，其觅食、追逐交尾等活动较为频繁，这样，增加了蚤类脱落于洞干的机会。又方形黄鼠蚤占体蚤的72.38%[6]，由此推算，脱落的方形黄鼠蚤应占比例高些。实际上，方形黄鼠蚤占洞干蚤的66.0%。光亮额蚤与洞干蚤相关显著（$P<0.01$）的原因是由于该种蚤在黄鼠体蚤中占18.03%和在黄鼠巢蚤中占25.01%所造成的。黄鼠密度与上4种蚤指数均呈一定的正相关。鼠密度与洞干蚤指数的关系显著（$P<0.03$），关系为洞干蚤指数＝0.2491＋0.0596鼠密度。二齿新蚤与黄鼠密度和前4种蚤指数均呈一定的负相关，但由于

数量占总洞干蚤的1.7%，故影响很小。

考虑蚤多样性，由于多样性年均0.9740±0.2397且方差较小，均匀性年均0.6294±0.1660且方差较小。计算总洞干蚤指数、优势蚤种方形黄鼠蚤、次优势蚤种光亮额蚤与多样性、均匀性间的相关系数，仅得方形黄鼠蚤与多样性间呈极为显著的负相关（$P<0.001$）、与均匀性间呈显著的负相关（$P<0.05$）。由此我们得到：方形黄鼠蚤在蚤指数中占的比例越高（低），多样性和均匀性越低（高）。且不同年份的蚤类多样性是比较稳定的。此外，我们还计算了总蚤指数、蚤种数、多样性和均匀性间的相关系数，仅有蚤指数和多样性间呈负相关 $r=-0.5693$（$P<0.05$），表明蚤指数越高，多样性指标越低；多样性和均匀性间呈正相关 $r=0.6621$（$P<0.05$），表明多样性越高，均匀性越高。

考虑黄鼠密度与洞干染蚤率关系，其相关系数 $r=0.4943$（$0.05<P<0.10$），表明宿主密度与染蚤率呈正相关但未达到显著水平（$P<0.05$）。

将体蚤、巢蚤数据[6,8]和本文洞干蚤数据进行比较分析，有如下结果。

从蚤种看，由于洞干蚤中检出近代新蚤，但体蚤、巢蚤未检出，表明黄鼠体蚤、巢蚤、洞干蚤的种数一般是不完全相同的。

从数量看，巢蚤指数远远大于体蚤指数[6,8]，且均值差异很显著（$P<0.005$），总蚤指数比值为巢蚤指数/体蚤指数＝9.74；由本文结果，体蚤指数远远大于洞干蚤指数，且均值差异很显著（$P<0.005$），总蚤指数比值为体蚤指数/洞干蚤指数＝10.89。由此我们得到三种蚤指数之间有如下近似关系：巢蚤指数：体蚤指数：洞干蚤指数＝100:10:1。如果按年份分别计算巢蚤指数/体蚤指数、体蚤指数/洞干蚤指数，$\bar{x}\pm s$ 分别为（9.7692±5.3627）只、（11.6462±6.0031）只，比值落在此范围的年份均为77%。

计算洞干蚤指数和体蚤指数、洞干蚤指数和巢蚤指数的回归方程，得：

洞干蚤指数＝0.2079＋0.0504体蚤指数　　（$P=0.0489$，$r=0.5552$）

洞干蚤指数＝0.27652＋0.00348巢蚤指数　　（$P=0.0672$，$r=0.5221$）

由此我们得到，体蚤指数、巢蚤指数能够预测洞干蚤指数，但体蚤指数的预测效果优于巢蚤指数。考虑四种主要蚤种之间的顺序关系。按高低排列，无论巢蚤、体蚤、洞干蚤指数，方形黄鼠蚤均为优势种；光亮额蚤、阿巴盖新蚤、二齿新蚤依次为第2～4种。

注意到一个有趣的现象。在鼠体上的方形黄鼠蚤与洞干蚤指数相关显著 $r=0.6197$（$P<0.05$），鼠巢的方形黄鼠蚤与洞干蚤指数相关显著（$r=0.6139$）（$P<0.05$），但洞干蚤的方形黄鼠蚤与体蚤指数相关不显著 $r=0.2400$（$P>0.10$），洞干蚤的方形黄鼠蚤与巢蚤指数相关不显著（$r=0.2495$）（$P>0.10$），因此，体蚤和巢蚤中的方形黄鼠蚤显著影响洞干蚤，又因为方形黄鼠蚤占洞干蚤的66.0%，这在一定程度上推断出：黄鼠洞干蚤主要由黄鼠在洞干运动时体蚤中的方形黄鼠蚤脱落和巢蚤中的方形黄鼠蚤运动到洞干组成。洞干的方形黄鼠蚤虽与体蚤和巢蚤有一定的正相关，但不能显著影响体蚤和巢蚤。

参　考　文　献

1　马立名．蚤数量与宿主数量关系．昆虫学报，1988，31（1）：50～54

2　李书宝．黄鼠数量与蚤指数及无鼠面积的相关回归分析，中国地方病防治杂志，1989，4（增刊）：44～46

3 李仲来，王成贵，马立名. 达乌尔黄鼠密度的气象因子与蚤指数的关系，中国媒介生物学及控制杂志，1993，4 (4)：282～283
4 费荣中，李景原，徐宝娟 等. 达乌尔黄鼠洞内蚤的空间分布，昆虫学报，1981，24 (4)：397～402
5 Jassby A D, Powell T M. Detecting changs in ecological time series. Ecology, 1990, 71: 2044～2052
6 李仲来，张耀星. 黄鼠体蚤和宿主密度的年间动态关系，昆虫学报，1997，40 (2)：166～170
7 Pielou E C. 数学生态学（卢泽愚译）. 北京：科学出版社，1991，308～331
8 李仲来，张耀星. 黄鼠巢蚤和宿主密度的年间动态关系，昆虫学报，1998，41 (1)：77～81

THE YEARLY DYNAMICS RELATIONSHIP BETWEEN BURROW TRACK FLEA INDEX AND POPULATION OF *CITELLUS DAURICUS*

Li Zhonglai
(Department of Mathematics, Beijing Normal University, Beijing 100875)
Zhang Yaoxing
(Plague Control Station of Xilinguole Meng of Inner Mongolia Autonomous Region, Zhengxiangbai Banner 027100)

Abstract According to the fluctuation of population of *Citellus dauricus* and its burrow track flea index in Wuningbatu Sumu, Zhengxiangbai Banner, Inner Mongolia Autonomous Region during 1981～1993, the authors have found that there are nine flea species with *Citellophilus tesquorum mongolicus* (66.0%) as the most dominant member, and *Frontopsylla luculenta* (25.0%) the second. *Neopsylla abagaitui* and *N. bidentatiformis* are only of common occurrence whereas the other species are rather scare. The correlation between the burrow host population and its burrow track flea index is significant ($P<0.03$), i. e., burrow track flea index=0.2491+0.0596 host population. But the correlation between the burrow track flea index and its infecting flea rate is not significant ($0.05<P<0.10$), and the diversity and evenness of flea species are influenced significantly by the proportion of *C. t. mongolicus* in the flea population. Furthermore, the relationship between the burrow track flea index and body flea index is significant ($P<0.05$), i. e., burrow track flea index=0.2709+0.0504 body flea index, and that between the burrow track flea index and burrow nest flea index is also significant ($P<0.07$), i. e., burrow track flea index=0.2765+0.0035 burrow nest flea index. Finally, the correlation among the three kinds of flea index is approximately as following: (burrow nest flea index): (body flea index): (burrow track flea index) =100:10:1.

Key words rat burrow track flea index, population density of *Citellus dauricus*, *Citellophilus tesquorum mongolicus*, yearly species fluctuation, species diversity